

Experimentelle Untersuchungen über die Bewegung des
Dentinliquors bei Applikation verschiedener Stoffe
in Kavitäten

vorgelegt von
Brigitte Müller

1972



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554401_0112

Aus der Poliklinik für Konservierende Zahnheilkunde
der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Professor Dr. Dr. W. Ketterl)
der Johannes - Gutenberg - Universität Mainz

Experimentelle Untersuchungen über die Bewegung des
Dentinliquors bei Applikation verschiedener Stoffe
in Kavitäten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheil-
kunde der Hohen Medizinischen Fakultät der Johannes -
Gutenberg - Universität M a i n z

vorgelegt von
Brigitte Müller
aus Leipzig

Mainz 1972

Dekan: Professor Dr. K.H. Bäßler
Referent: Professor Dr. Dr. W. Ketterl
Tag der mündl. Prüfung: 9. November 1972



Gesamtherstellung: Ditters Bürodienst
Mainz/Heidesheim
Ruf 06132/5711

Gliederung

- I. Die Kavität am vitalen Zahn
- II. Histologie der Dentinkanälchen
- III. Der Dentinliquor
- IV. Reaktionen des Dentinliquors
- V. Eigene Untersuchungen
 1. Material und Methode
 - a) Auswahl der Zähne
 - b) Zu prüfende Substanzen
 - c) Versuchsanordnung
 - d) Statistische Verfahren für die Auswertung
 - e) Statistische Beurteilung
 2. Ergebnisse
 3. Interpretation
- VI. Kritische Betrachtung und Folgerung
- VII. Zusammenfassung
- VIII. Literaturverzeichnis

I. Die Kavität am vitalen Zahn

Jeder in das Dentin reichende Defekt stellt eine modifizierte Hartsubstanzwunde am vitalen Zahn dar. Sie kann sowohl durch Karies entstanden sein als auch durch den Bohrprozeß bei der Kavitätenpräparation oder durch traumatische Einwirkung.

Bei der Bearbeitung des Dentins mit dem Diamanten beginnt in der Regel unmittelbar aus den geöffneten Dentinkanälchen deren flüssiger Inhalt an der Außenfläche auszutreten. Nach ein bis zwei Minuten sind bereits deutliche Flüssigkeitstropfen von 5 - 10 μ zu sehen, die aus den Kanälchen austreten. Deren lichte Weite beträgt durchschnittlich 3,98 μ . O. Heikinheimo hielt dieses Ereignis 1964 mittels einer Filmanalyse fest (6).

Trotz modernster Geräte ist es noch nicht gelungen, die Kavitätenpräparation ohne Injektion vollkommen schmerzfrei zu gestalten. Die Berührung von freigelegtem Dentin führt meistens zu einem sehr unangenehmen Schmerz und das Arbeiten mit Hand- oder Maschineninstrumenten ist nach Entfernung des Schmelzes mit mehr oder weniger schmerzhaften Sensationen für den Patienten verbunden. O. Bock (4) schloß daraus, daß innerhalb des Zahnbeines nervöse Strukturen vorhanden sein müssen, die von außen kommende Einflüsse aufnehmen und als Schmerzempfindung weiterleiten.

Während der letzten Jahre wurde dem Mechanismus, der der Schmerzempfindlichkeit des Dentins zugrunde liegt, besondere Beachtung geschenkt. Im Verlaufe einiger morphologischer Untersuchungen scheint der Beweis erbracht zu sein, daß Nervenfasern in den pulpenwärts gelegenen Anteilen des Dentins existieren. Unter den Forschern, die Nervenfasern im Dentin nachweisen zu können glaubten, kann unter anderem auch Fearnhead genannt werden. Er publizierte 1958 in einer Arbeit Abbildungen von fibrillären Strukturen im pulpennahen Drittel des Dentins, die

er als Nervenfasern deutete. Daneben gab es allerdings eine Gruppe von Verfassern, die keine Nervenfasern im Dentin nachweisen konnten (16).

Ausgehend von einer Reihe von Experimenten, die während der letzten Jahre ausgeführt wurden, hat M. Brännström (2) eine weitere Theorie über die Empfindlichkeit des Dentins aufgestellt. Seine Untersuchungen deuten darauf hin, daß die Sensibilität des Dentins die Folge eines hydrodynamischen Transmissionsmechanismus ist, der durch Veränderungen an den Dentinkanälchen oder via Kanälcheninhalt ausgelöst werden kann. Über Experimente, die in dieser Richtung gemacht wurden, ist Folgendes zu berichten: bei Applikation isotonischer Kaliumchloridlösung auf freigelegtes Dentin konnte keinerlei Schmerz hervorgerufen werden. Dies scheint die Möglichkeit auszuschließen, allein die Nerven des Dentins seien verantwortlich für seine Schmerzempfindlichkeit. Darüber hinaus gibt es keinerlei Beweise, daß in der Schmerzübermittlung den Odontoblasten eine wichtige Rolle zufällt, da offensichtlich ist, daß die Dentinoberfläche schmerzempfindlich zu sein vermag trotz des Verlustes aller Odontoblasten. Mit Hilfe vieler Experimente wurde dann der Beweis erbracht, daß ein hydrodynamischer Übermittlungsmechanismus vorhanden ist. Die Beseitigung kleiner Anteile des Dentinkanälcheninhaltes durch die freigelegte Dentinwundfläche vermag Schmerz hervorzurufen, da Kapillarkräfte mobilisiert werden und ein rascher Flüssigkeitsauswärtsstrom in den Dentinkanälchen erfolgt. Es scheint, daß bereits ein geringer Auswärtsstrom ausreicht, um Schmerz zu provozieren, denn er läßt sich ohne weiteres auslösen, sobald man trockenes Fließpapier auf die Dentinwunde legt. Aber nicht nur mechanische Entfernung des Dentinliquors - durch Luftstrom und Bohren - sondern auch schmerzauslösende chemische Substanzen, wie z.B. Zuckersirup, Salzlösungen und Kalziumchloridlösungen vermögen eine rasche Bewegung des Dentinliquors in den Dentinkanälchen hervorzurufen. Diese Bewegung entspräche einer Dehydrierung. Bei der Anwendung der bei den Lindén- und Brännströmschen Versuchen bewährten

Kapillarmethode ergaben sich bei Anderson und dessen Mitarbeitern (16) ähnliche Beobachtungsergebnisse bezüglich Kaliumchlorid.

II. Histologie der Dentinkanälchen

Das Dentin zeigt infolge seiner Struktur und seines Gehaltes an 28 % organischer Substanz eine wesentlich geringere Härte als der an organischen Bestandteilen erheblich ärmere Schmelz. In seinem Wesen gleicht das Dentin sehr dem Knochen. Die mit feinen Fibrillen durchsetzte Grundsubstanz enthält ein Kanalsystem, dessen einzelne Kanälchen eine Vielzahl von Anastomosen aufweisen. Sie alle enthalten eine protoplasmatische Faser, die Tomes'sche Faser. Es scheint als seien die cytoplasmatischen Fortsätze, die von den Odontoblasten ausgehen oder von dem anastomosierenden Plexus vor den Zellen, umgeben von einem sehr dichten Plexus, der sich an der Verbindungslinie zwischen Praedentin und Dentin lokalisieren läßt (16). Man konnte beweisen, daß säurehaltige Mucopolysaccharide in diesem Gebiet lokalisiert sind. In den Randgebieten des Dentins geben die Hauptfasern regelmäßig Äste ab. Die Anastomosen sind sehr zahlreich und scheinen manchmal schleifenförmig von einer größeren Faser abzugehen, um sich später erneut mit ihr zu vereinigen. Einige Fasern überlagern viele andere, bevor sie aufeinandertreffen. Dreizackige Fasern werden beobachtet und rückläufige Ramifikationen, die spitze Winkel mit der ursprünglichen Faser bilden. Nahe der Randzone des Dentins wurde ein weiterer dichter Plexus gefunden, aus diesem gehen freie Endigungen von Tomes'schen Fasern hervor.

An der Pulpa-Dentingrenze kommen auf einen mm^2 etwa 75 000 Dentinkanälchen, in der Peripherie etwa 15 000. Der Durchmesser dieser Dentinkanälchen, die zahlreiche Verzweigungen aufweisen, beträgt in Pulpennähe zwischen 1,3 bis 2,2 μ , im Wurzelgebiet sogar 4,5 μ und nimmt gegen den Schmelz zu ab. Der Durchmesser nimmt ebenso

mit zunehmendem Alter ab. So wurden in verschiedenen Altersstufen folgende Zahlen festgestellt: mit zehn Jahren $3,2\mu$, mit 35 Jahren $2,1 - 2,3\mu$, mit 75 Jahren $1,2 - 1,4\mu$. Diese Veränderung des Lumens weist darauf hin, daß auch im primären Dentin, wenn auch in sehr langsamem Tempo, Veränderungen vor sich gehen, sich also Stoffwechselvorgänge in begrenztem Umfange abspielen. Dies wird dadurch erklärlich, daß in den Dentinkanälchen die Zellfortsätze der Odontoblasten verlaufen (8). Im Zusammenhang mit der Histologie der Dentinkanälchen ist sicherlich auch das Phänomen der Odontoblastenatmung erwähnenswert (16). Durch Versuchsreihen auf diesem Gebiet stellte sich heraus, daß auf Dentin applizierte dehydrierende Substanzen dieses Phänomen hervorrufen. Das heißt, bei Applikation z.B. eines Luftstromes auf eine Testkavität drangen zahlreiche Nuclei in die Dentinkanälchen ein, das heißt, der Nucleus wird ebenso wie das Cytoplasma unter den beschriebenen Bedingungen in das Dentinkanälchen hineingezogen. Kramer war der erste, der 1955 diese Bewegung der Nuclei erklären konnte als das Anzeichen eines Auswärtsstromes in den Dentinkanälchen. Das Phänomen als ein Effekt von Präparation und Lufttrocknung wurde zuerst im Jahre 1957 von Marsland, Shovelton und Langeland beschrieben (16). Es ergab sich, daß lediglich das Freiliegen von Dentin zur Atmung in den Kanälchen führt. Um auf eine frühere Annahme zurückzukommen, es gäbe einen kontinuierlichen, langsamen Auswärtsfluß in den Kanälchen, wäre es doch ebenso möglich, daß verletzte Odontoblasten und andere Zellen ihren Platz am Dentinwall nicht beibehalten, sondern durch einen auswärts gerichteten Strom in die Tubuli gezogen werden. Die Verminderung der Odontoblasten unter Karies, Erosion und Abrasion mag womöglich durch diesen Mechanismus hervorgerufen werden. Das ist jedoch nur eine Hypothese.

III. Der Dentinliquor

Das Dentin lebender Zähne enthält eine wasserklare Flüssigkeit, die am Dentinfrischgewicht mit 12 - 13 % beteiligt ist. Sie wird als Dentinliquor bezeichnet und nimmt den gesamten Raum ein, der im physiologisch feuchten Dentin frisch extrahierter Zähne von Flüssigkeit angefüllt ist. Der Dentinliquor befindet sich somit nicht nur in den Dentinkanälchen, sondern ebenfalls in dem sogenannten "reinen" Hartgewebe (7).

W.F. Hoppe und J. Stüben (7) beschäftigen sich in Untersuchungen damit, das Volumen der Dentinkanälchen auf morphologisch - mikroskopischem Weg zu bestimmen. Hierbei ist das von Hennig (7) angegebene Meßverfahren unter Zuhilfenahme des entsprechenden Integrationsokulars von Zeiss angewendet worden. Als Ergebnis stellte sich Folgendes heraus: im Kronendentin beträgt das Kanalvolumen im pulpennahen Gebiet 27,7 %. In der peripher gelegenen Dentinschicht 19,1 %. Somit verringert sich das Kanalvolumen im Kronendentin vom Innen- zum Außenbezirk um 31 %. Im Wurzelndentin liegt ein erheblich kleineres Kanalvolumen vor. An der pulpennah gelegenen Dentinschicht ist das Kanalvolumen noch mit 11,4 %, in der äußeren Schicht des Wurzeldentins aber nur noch mit 7,7 % beteiligt. Der Abfall des Kanalvolumens vom Innen- zum Außenbezirk tritt ebenfalls im Wurzelndentin deutlich hervor und beträgt hier 32 %. Damit liegt in Krone und Wurzel eine etwa gleichstarke prozentuale Volumenabnahme der Dentinkanälchen von der Innen- zur Außenschicht vor. Aus den besprochenen Ergebnissen ist leicht zu ersehen, daß in dem Kronendentin ein größeres Kanalvolumen als im Wurzelndentin vorliegen wird. Die rechnerische Auswertung der Einzelergebnisse zeigt für das Kronendentin ein Kanalvolumen von 21,2 % auf und für das Wurzelndentin ein Kanalvolumen von 8,5 %. Mithin verringert sich das Dentinkanalvolumen von der Krone zur Wurzel um rund 40 %. Da das Volumenverhältnis von Kronen- zu Wurzelndentin bekannt ist, läßt sich annäherungsweise das Kanalvolumen

im gesamten Dentin rechnerisch ermitteln. Es beträgt bei den Praemolaren 13,3 Vol. %, bei den Molaren 12,95 Vol. %. Hieraus ergab sich für das gesamte Untersuchungsmaterial (Praemolaren und Molaren) ein mittleres Kanalvolumen von 13,14 %.

Über die Zusammensetzung des Dentinliquors läßt sich Folgendes sagen: der im Dentin vitaler Zähne befindliche flüssige Kanälcheninhalt kann wegen seines niedrigen Eiweißgehaltes mit dem Blutplasma nicht identisch sein. Jedoch finden sich mannigfache Ähnlichkeiten zwischen Dentinliquor und Serum. Nach Kreudenstein (11) ist der Dentinliquor eine Bindegewebsflüssigkeit und macht etwa 25 % des Dentinvolumens aus. Anders als das Cytoplasma ist es arm an Kalium und reich an Natrium.

Der Gehalt an freiem Wasser im gesamten Dentin vitaler menschlicher Zähne beträgt im Mittel 12,4 Gew. % (Standardabweichung: 0,8 Gew. %). Der Raumanteil, der von dem freien Wasser im Gesamtdentin eingenommen wird, beträgt für das physiologisch feuchte Dentin vitaler jugendlicher Zähne etwa 25 Vol. %. Die Dentinkanälchen enthalten nur 45 % des gesamten freien Wassers im Zahnbein, während sich die restlichen 55 % in den Seitenverzweigungen der Dentinkanälchen und im sogenannten "reinen" Hartgewebe befinden müßten (11).

An Gesamtstickstoff enthält der Dentinliquor 69,3 Gew. % (Standardabweichung 5,5 Gew. %), an Reststickstoff im Mittel 49,4 Gew. % (Standardabweichung: 4,7 Gew. %). Der Eiweißgehalt beträgt im Mittel 12,4 Gew. % (Standardabweichung: 1,6 Gew. %). An auswaschbaren Proteinen enthält der Dentinliquor im allgemeinen nur etwa 1,7 - 2 % der entsprechenden Serumproteine (15).

Bei der elektrophoretischen Untersuchung der Dentinliquorproteine ergab sich, daß dieselben wenigstens in bezug auf Zahl und Wanderungsgeschwindigkeit der aufgetrennten Fraktionen und in bezug auf das relative prozentuale Verhältnis der Albumine und Globuline mit den Serumproteinen übereinstimmen (14).

Im flüssigen Dentinkanälcheninhalt kariesfreier Zähne lassen sich gewöhnlich 7 - 10 ausnahmsweise bis zu 12 freie Aminosäuren nachweisen. Am häufigsten vertreten sind Serin, Glutaminsäure, Asparaginsäure, Phenylalanin-Leucin, Valin und Lysin. Seltener finden sich Threonin, Tyrosin, Cystin, Glycin und Arginin. Die Aminosäuren Serin, Glutaminsäure, Lysin und Asparaginsäure liegen mit besonders hohen Konzentrationen im Dentinliquor vor. Bei jeder einzelnen Aminosäure ist die Konzentration im Dentinliquor wesentlich höher als im Blutplasma (13).

Auf Grund der Fermentaktivitätsbestimmungen in Dentineluat-ten mit Hilfe der optischen enzymatischen Testmethoden ist der Gehalt des Dentinliquors an Aldolase, Milchsäuredehydrogenase (MDH), Glutamat-Pyruvat-Transaminase (GTP) und Glutamat- Oxalacetat- Transaminase (GOT) untersucht worden. Aus dem Untersuchungsergebnis geht hervor, daß sämtliche der geprüften Fermente, die normalerweise im Serum vorkommen, auch im Dentinliquor nachzuweisen sind. Während die Aldolase im Dentinliquor nur etwa ein Fünftel der Aktivität des Serums aufweist, zeigt die MDH im Dentinliquor einen Wert, der den des Serums um das Sechsfache übertrifft. Von den Transaminasen zeigt die GPT im Dentinliquor etwa den doppelten, die GOT etwa den gleich hohen Serumwert (12). Im Dentininnern sind normalerweise immer relativ große Phosphatasemengen vorhanden. Die Aktivität der Dentinliquor-Phosphatasen beträgt im Mittel 2,0 (Standardabweichung 0,7 Gewichtsprozente) KAE, berechnet auf 100 ml Dentinliquor. Das Zementgewebe enthält hierbei wesentlich grössere Mengen an löslichen alkalischen Phosphatasen als das reine (zementfreie) Dentin (10).

IV. Reaktionen des Dentinliquors

Die interstitielle Flüssigkeit des Dentin- und Pulgagewebes ist nicht nur verantwortlich für die Verteilung von Stoffwechselprodukten, sondern auch für den Transport von Reizmitteln und spielt so eine wichtige Rolle in der Reizübermittlung und den Reaktionen der Pulpa auf diese Reize.

Mechanische und thermische Reize, die zur Pulpa übermittelt werden, haben einen sofortigen Effekt. Das ist verständlich durch das über die Hydrodynamik von Dentin und Pulpa bereits Erwähnte. Viele chemische Reizmittel erreichen andererseits die Pulpa hauptsächlich durch Diffusion, ein relativ langsamer Prozeß, der einige Minuten in Anspruch nimmt. Chemische Reizmittel sind sehr oft der Grund, daß die Pulpa geschädigt wird, gerade in Verbindung mit Karies. Eine pulpenwärts gerichtete Bewegung von bakteriellen Produkten, Toxinen und Salzlösungen greift Dentin und Pulpa auf verschiedene Art und Weise an und gibt Anlaß zu Veränderungen, wie es die Änderungen der Aggregation in den Tubuli, die Auflösung von Kristallen und die Depolymerisation organischer Komponenten darstellen (16).

M. Brännström (1) veröffentlichte 1962 die Ergebnisse zahlreicher Experimente, bei denen die Applikation von Kaliumchloridlösung und Essigsäurepuffer von pH = 5,1 auf freigelegtes Dentin und die freigelegte Pulpa untersucht worden waren. Man bediente sich hierbei eines Untersuchungsmaterialies von 16 Prämolaren 11 - 17-jähriger Patienten. Die Zähne sollten aus kieferorthopädischen Gründen extrahiert werden. Bei den Versuchen wurde folgendermaßen vorgegangen: Bei 8 Zähnen wurde jeweils eine Kavität von 1,5 mm Tiefe vorsichtig in das Dentin des intakten Zahnes hineinpräpariert. Hierbei wurde der geringstmögliche Druck aufgewandt und man arbeitete unter einem dauerndem Kühlwasserstrom von 37°C. Die Kavität wurde mit Wasser ausgesprüht und mit Pellets getrocknet. Dann ließ man eine isotonische Kaliumchloridlösung 2 Minuten lang in der Kavität wirken und der Patient wurde nach den eventuell auftretenden Schmerzen befragt. Die Lösung wurde danach mit einem Wasserstrahl hinweggespült und die Kavität wurde vertieft bis die Pulpa erreicht war. Alle Lösungen besaßen eine Temperatur von ungefähr 37°C. Wurden Schmerzen angegeben, so notierte man deren Dauer. Diese Untersuchungen wurden an acht weiteren Zähnen wiederholt und zwar mit einer isotonischen Natriumacetatlösung

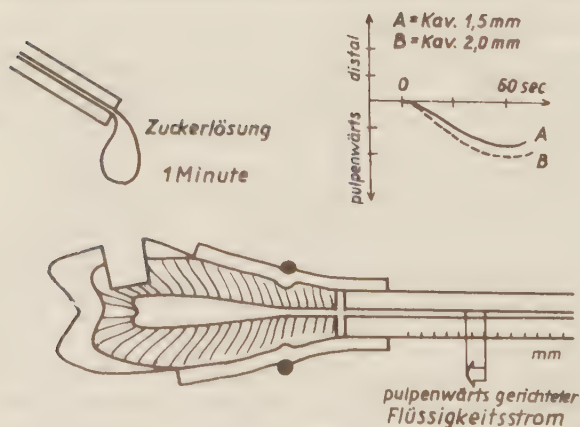
statt einer Natriumchloridlösung zu Kontrollzwecken, und außerdem mit einer sauren Pufferlösung von $\text{pH} = 5,1$ anstelle von Kaliumchlorid. Als Ergebnis stellte sich folgendes heraus: Bei der zweiminütigen Applikation von Kaliumchlorid auf das freigelegte Dentin gaben sieben von acht Patienten keinerlei Schmerzen an. In einem Fall ergaben sich nach 1,5 Minuten Schmerzen und als die Kavität vertieft wurde, konnte beobachtet werden, daß der verbliebene Dentinwall recht dünn war. In allen Fällen verursachte die Applikation von isotonischer Kaliumchloridlösung auf die freigelegte Pulpa sofort eine Schmerzempfindung, die 1,5 Sekunden lang bis zu einer Minute andauerte. In keinem der Fälle bewirkte die Applikation von isotonischer Natriumchloridlösung auf die freigelegte Pulpa irgendein Schmerzgefühl. In der zweiten Versuchsserie konnte bei Applikation von Essigsäurepuffer von $\text{pH} = 5,1$ auf das freigelegte Dentin keinerlei Schmerz hervorgerufen werden, auch nicht als die Lösung oder die Natriumacetatpufferlösung direkt auf die Pulpa aufgebracht wurde. Die darauf folgende Applikation von isotonischer Natriumchloridlösung bewirkte in allen Fällen sofortigen Schmerz (Dauer etwa 35 Sek.).

Auch mit der bereits vorher erwähnten Kappilarmethode hat M. Brännström (16) die Auswirkungen verschiedener klinischer Verfahren auf den Flüssigkeitsgehalt des Dentins und der Pulpa untersucht. Die Versuchsanordnung ist in Abbildung 1 zu sehen. Die Pulpenhöhle eines Zahnes wurde mit einer Glaskapillare verbunden, die einen Durchmesser von 0,25 mm hatte. Das System wurde mit Salzlösung gefüllt. Daraufhin wurden die Wirkungen einiger dehydrierender Lösungen, wie z.B. Alkohol, Zuckersirup, Silikatflüssigkeit und Calcium untersucht, indem man diese Agentien eine Minute lang in bukkale Kavitäten applizierte. Dabei ergab sich, daß alle diese Lösungen während der Einwirkzeit Anlaß gaben zu einem pulpenwärts gerichteten Strom in der Glaskapillare. Dieser Strom wurde augenscheinlich durch einen Flüssigkeitsverlust durch das eröffnete Dentin bewirkt.

Nach vorläufigen Beobachtungen scheinen auch Füllungs-
materialien wie Silikat, Phosphatzement und Zinkoxydnel-
kenöl eine dehydrierende Wirkung auf das Dentin zu haben.
Dies wurde ebenfalls bei den oben beschriebenen Glaskapil-
larversuchen beobachtet. Bukkale Kavitäten wurden mit den
entsprechenden Agentien gefüllt. Während der nächsten
fünfzig Minuten wurde die Salzlösung aus der Kapillare
in die Pulpa hineingesaugt. Auch Phosphatzement verursachte
Dehydrierung.

Abb. 1:

Abbildung eines Zahnes mit einer bukkalen Kavität, in die
eine Minute lang konz. Zuckerlösung einwirkt. Die Wurzel-
pulpa ist verbunden mit einer Glaskapillare, die mit Salz-
lösung gefüllt ist. Das Ergebnis des Versuches ist gra-
phisch dargestellt.



V. Eigene Untersuchungen

1. Material und Methode

Im Anschluß an die Darlegung der Brännström'schen Glaskapillarenversuche stellen die folgenden, in vitro durchgeführten Untersuchungen, eine Fortsetzung dieser Experimentenfolge dar, indem, ebenso wie in den aufgeführten Versuchen, eine Reihe von chemischen Agentien mit unterschiedlichem pH - Wert zur Applikation in bukkale, bzw. labiale Kavitäten verschiedener Zähne gelangten.

a) Auswahl der Zähne

Zur Untersuchung wurden vierzig einwurzelige, vorwiegend kariessfreie Zähne herangezogen. Es handelte sich dabei um Schneidezähne, Eckzähne, sowie Prämolaren des Ober- bzw. des Unterkiefers. Das Alter der Patienten, deren Zähne sowohl aus kieferorthopädischen als auch aus parodontalen Gründen entfernt wurden, ist mit fünfzehn bis fünfzig Jahren anzugeben. Unmittelbar nach erfolgter Extraktion wurden die Zähne in ein verschließbares Gefäß gegeben und bei 37°C in physiologischer Kochsalzlösung bis zum Versuchsbeginn aufbewahrt. Die Zeit, die von der Extraktion bis zum Versuchsbeginn verstrich, belief sich auf maximal zwei Stunden.

b) Zu prüfende Substanzen

Für die Versuche wurden folgende Substanzen verwendet:

Honig

Phenolkampferlösung

konzentrierte Zuckerlösung

96 %ige Essigsäure

c) Versuchsanordnung

Der jeweils zum Versuch verwendete Zahn wurde nach Entfernung aus dem Wärmegefäß mit physiologischer Kochsalzlösung abgespült. In die labiale Fläche der Schneide- und Eckzähne bzw. in die bukkale Fläche der Prämolaren wurde ohne Kühlung, bei einer Umdrehungszahl von 3000 U/min, mit einem kleinen, runden Diamanten eine Kavität in den Schmelz präpariert. Bei Erreichen des Dentins wurde der kugelförmige Diamant gegen einen Rosenbohrer Größe 6 - 8 umgetauscht, wobei die Größe des Rosenbohrers mit der Größe des

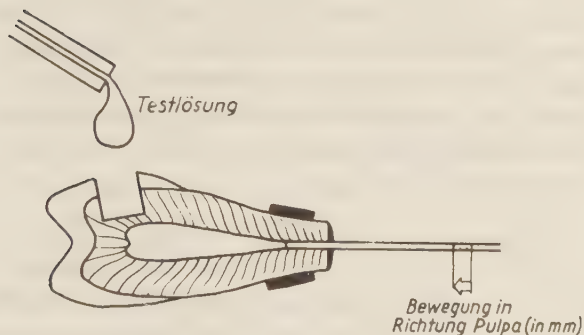
zu untersuchenden Zahnes variierte. Sodann wurde die Kavität so weit in das Dentin vertieft bis der Kopf des Rosenbohrers völlig im Dentin verschwunden war. Die endgültige Kavitätentiefe war hiermit erreicht. Nach der Kavitätenpräparation wurde die Wurzel des Versuchszahnes 3 - 4 mm vom Foramen apicale aus mit einer Diamantscheibe reseziert und der dadurch entstandene Eingang zur Pulpenhöhle mit einem kleinen Rosenbohrer erweitert. Mit blauem Farbstoff versetzte physiologische Kochsalzlösung wurde in eine 4 cm lange Glaskapillare von 0,7 mm Durchmesser eingesaugt, die Kapillare 1 - 2 mm in die Pulpenhöhle eingeführt und mit einem Tropfen Klebewachs am Zahn befestigt und abgedichtet. Der momentane Stand der Flüssigkeitssäule innerhalb der Glaskapillare wurde mit einem winzigen Tropfen Klebewachs markiert und der Zahn zwischen die Klemmen einer Haltevorrichtung gespannt. In die Kavität wurden mit einer Pipette ein bis zwei Tropfen der zu prüfenden Flüssigkeit eingebracht. Der Stand der Flüssigkeitssäule wurde dann nach 1, 10 und 30 Minuten abgelesen. Alle Lösungen gaben während der Einwirkzeit Anlaß zu einem pulpenwärts gerichteten Strom in der Glaskapillare.

Da man annehmen muß, daß die Menge der in der Zeiteinheit durch die Kavität hindurchtretenden Flüssigkeit nach dem 1. Fick'schen Gesetz der Fläche proportional ist, ist es notwendig, um vergleichbare Meßergebnisse bei den verschiedenen Kavitäten zu erhalten, die abgelesene Flüssigkeitsverschiebung durch die Fläche zu dividieren. Für die weitere Auswertung werden diese standardisierten Werte benutzt.

Die Versuchsanordnung ist aus Abbildung 2 zu ersehen.

Abb. 2:

Abbildung eines Zahnes mit einer bukkalen Kavität in die ein Tropfen einer Testlösung (Honig, konz. Zuckerlösung, Phenolkampher, 96 %ige Essigsäure) gegeben wird. Das Ergebnis der Flüssigkeitsbewegung in Richtung Pulpa wird nach 1, 10 und 30 Minuten an der Glaskapillare abgelesen. Die Wurzelpulpa des Zahnes ist mit einer mit gefärbter physiologischer Kochsalzlösung gefüllten Glaskapillare verbunden.



d) Statistische Verfahren für die Auswertung

1. Pro Meßzeitpunkt und Behandlung wird der Mittelwert und der Standardfehler des Mittelwertes nach folgenden Formeln berechnet:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n-1}}$$

$$\Delta \bar{x} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

n = Anzahl der Meßwerte
 x_i = i-ter Meßwert

2. Zur Prüfung, ob zwischen den vier Behandlungen ein echter Wirkungsunterschied besteht, wird eine dreifache Varianzanalyse gerechnet. Die drei Faktoren sind: Faktor 1 - Behandlung, Faktor 2 - Zähne, Faktor 3 - Zeitpunkt. Dabei sind Faktor 1 und 3 als "fixed factor" und Faktor 2 als "random factor" aufzufassen. Gleichzeitig ist bei der Streuungszerlegung zu beachten, daß es sich um ein partiell hierarchisches Modell handelt, da die Zähne den Behandlungen untergeordnet sind.

3. Im Anschluß an diese Streuungszerlegung kann, falls im F-Test zwischen den Behandlungen ein signifikanter Unterschied nachgewiesen wird, mit dem Test nach Tukey entschieden werden, welche Behandlungen sich signifikant voneinander unterscheiden. Für den Tukey-Test werden die absoluten Beträge der Differenzen zwischen den einzelnen Mittelwerten mit der Prüfgröße T verglichen (5).

$$T = q \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$s = \sqrt{MAQ}$ des Nenners aus dem F-Test der Varianzanalyse.

n = Anzahl der Meßwerte, aus denen die Mittelwerte berechnet werden.

q = Studentisierte Extrembereiche in Abhängigkeit von

α = der Irrtumswahrscheinlichkeit

r_1 = Anzahl der Mittelwerte und

r_2 = Freiheitsgrade von MAQ des Nenners im F-Test.

e) Statistische Beurteilung

Ist der berechnete Prüfwert kleiner als der, für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von fünf Prozent tabellierte Grenzwert, so gilt der anhand des Beobachtungsumfanges aufgetretene Unterschied als zufallsbedingt und sachlich nicht vorhanden. Ist der berechnete Prüfwert gleich oder größer als der für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% tabellierte

Grenzwert, aber kleiner als der für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 % tabellierte Grenzwert, so gilt der beobachtete Unterschied als statistisch auffällig. Übersteigt der Prüfwert den für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 % tabellierte Grenzwert, so gilt der Unterschied als statistisch gesichert (9).

2. Ergebnisse

Die Versuchsergebnisse sind in den Tabellen 1 - 7 und Abbildungen 3 - 7 aufgeführt.

In Tabelle 1 sind die in den Versuchen mit Honig verwandten Zähne sowie die gewonnenen Meßwerte aufgeführt und in Abbildung 3 graphisch dargestellt.

In Tabelle 2 sind die in den Versuchen mit ChKM-Lösung verwandten Zähne sowie die gewonnenen Meßwerte aufgeführt und in Abbildung 4 graphisch dargestellt.

In Tabelle 3 sind die in den Versuchen mit konz. Zuckerlösung verwandten Zähne sowie die gewonnenen Meßwerte aufgeführt und in Abbildung 5 graphisch dargestellt.

In Tabelle 4 sind die in den Versuchen mit 96 %iger Essigsäure verwandten Zähne sowie die gewonnenen Meßwerte aufgeführt und in Abbildung 6 graphisch dargestellt.

Bei allen vier Behandlungsarten kommt es in Abhängigkeit von der Einwirkungszeit zu einer deutlichen Bewegung der Flüssigkeitssäule in den Zahn. In Tabelle 5 sind noch einmal diese statistischen Maßzahlen, Mittelwerte und Standardfehler der Mittelwerte für die vier Behandlungen zu den drei Zeitpunkten aufgeführt und in Abbildung 7 dargestellt.

Die Beurteilung der zu beobachtenden Unterschiede der Flüssigkeitsverschiebung zwischen den einzelnen Behandlungen führt auf die in Tabelle 6 aufgeführte Varianzanalyse. Tabelle 7 enthält die Absolutbeträge der Mittelwertdifferenzen zwischen den vier Behandlungen. (Tukey-Test im Anschluß an die Varianzanalyse)

Tabelle 1:

Angaben über die im Versuch mit Honig verwandten Zähne, die Rosenbohrergröße, den Versorgungszustand des Zahnes, und die Flüssigkeitsverschleimung in der Kapillare gegenüber der Ausgangslage in mm, 1, 10 und 30 Minuten nach Versuchsbeginn.

Änderung der Flüssigkeitssäule in Richtung
Pulpa in der Kapillare nach 1, 10 und 30
Min. Einwirkzeit in mm pro mm² Bohrfläche

Versuch Nr.	Zahn Nr.	Karies nein	ja	Versorgungszustand unversorgt	Rosenb. Nr.	1 min.	10 min.	30 min.
1	35	+		+	7	0,02	0,15	0,33
2	42	+		+	7	0,06	0,24	0,58
3	22	+		+	6	0,03	0,09	0,47
4	41	+		+	6	0,03	0,09	0,28
5	45	+		+	8	0,04	0,18	0,39
6	13	+		+	8	0,05	0,30	0,55
7	23	+		+	8	0,03	0,19	0,36
8	35	+		+	8	0,04	0,13	0,25
9	34	+		+	8	0,03	0,09	0,24
10	31	+		+	6	0,07	0,24	0,65

Mittelwert $\bar{x}$	0,04	0,17	0,41
Standardfehler des Mittelwertes $s_{\bar{x}}$	0,006	0,023	0,046

Abb. 3:

Darstellung der Mittelwerte und der Standardfehler der Mittelwerte der Flüssigkeitsänderung in der Kapillare bei Applikation von Honig in Abhängigkeit von der Einwirkzeit

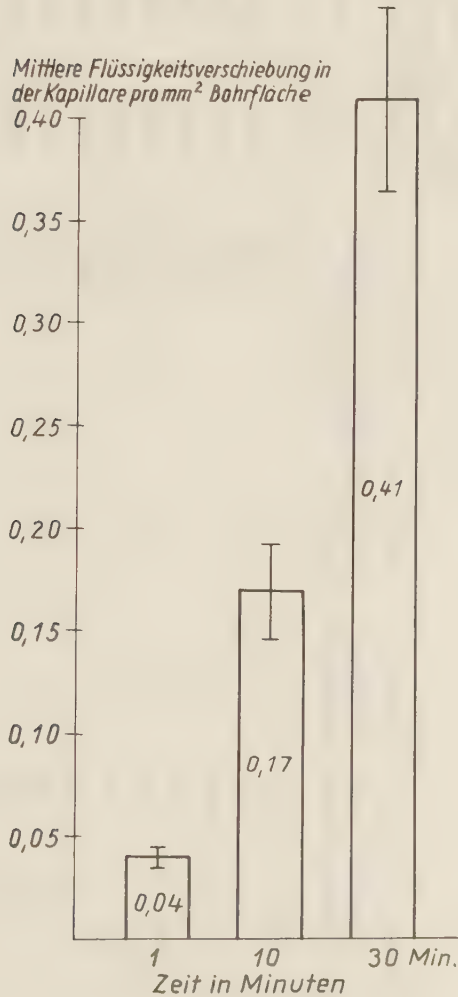


Tabelle 2:

Angaben über die im Versuch mit ChKM-Lösung verwandten Zähne, die Rosenbohrergröße, den Versorgungszustand des Zahnes und die Flüssigkeitsverschiebung in der Kapillare gegenüber der Ausgangslage in mm, 1, 10, 30 Minuten nach Versuchsbeginn.

					Anderung der Flüssigkeitssäule in Richtung Pulpa in der Kapillare nach 1, 10 und 30 Min. Einwirkzeit in mm pro mm ² Bohrfläche.		
Versuch Nr.	Zahn Nr.	Karies nein	ja	Versorgungszustand unversorgt	Rosenb. Nr.	1 min.	10 min. 30 min.
1	31	+		+	7	0,04	0,22 0,36
2	32		+	+	7	0,00	0,00 0,07
3	31	+		+	7	0,01	0,14 0,51
4	34	+		+	8	0,06	0,24 0,60
5	42	+		+	6	0,00	0,05 0,08
6	34	+		+	8	0,08	0,41 0,60
7	12		+	+	7	0,04	0,11 0,36
8	11		+	+	8	0,00	0,06 0,08
9	44	+		+	8	0,06	0,30 0,60
10	41	+		+	7	0,01	0,07 0,14

Mittelwert $\bar{x}$

Standardfehler des Mittelwertes $s\bar{x}$

0,03

0,16

0,34

0,01

0,042

0,072

Abb. 4:

Darstellung der Mittelwerte und der Standardfehler der Mittelwerte der Flüssigkeitsänderung in der Kapillare bei Applikation von ChKM-Lösung in Abhängigkeit von der Einwirkzeit.

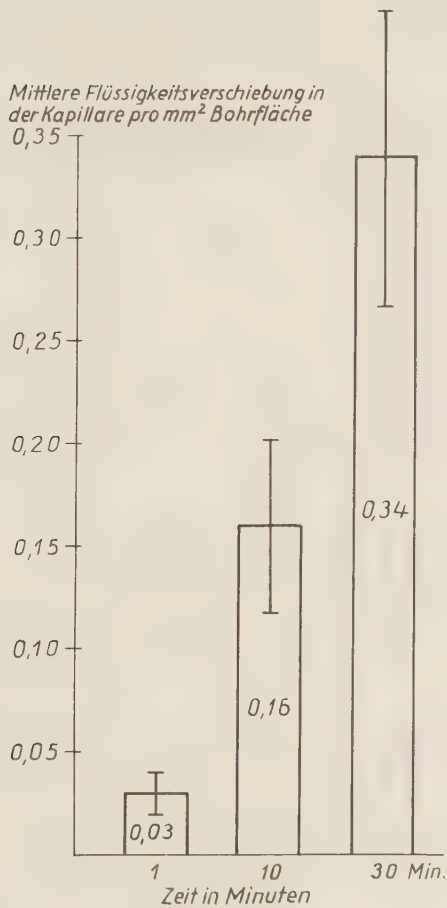


Tabelle 3:

Angaben über die im Versuch mit konz. Zuckerlösung verwandten Zähne, die Rosenbohrergröße, den Versorgungszustand des Zahnes und die Flüssigkeitsverschiebung in der Kapillare gegenüber der Ausgangslage in mm, 1, 10 und 30 min. nach Versuchsbeginn.

Änderung der Flüssigkeitssäule in Richtung Pulpa in der Kapillare nach 1, 10² und 30 Minuten Einwirkzeit in mm pro mm² Bohrfläche.

Versuch Nr.	Zahn Nr.	Karies nein ja	Versorgungszustand unversorgt versorgt	Rosenb. Nr.	1 min.	10 min.	30 min.
1	21	+	+	8	0,01	0,05	0,09
2	21	+	+	6	0,01	0,05	0,14
3	11	+	+	6	0,04	0,19	0,46
4	42	+	+	6	0,03	0,14	0,28
5	35	+	+	8	0,02	0,06	0,12
6	41	+	+	7	0,03	0,07	0,14
7	31	+	+	7	0,01	0,07	0,20
8	42	+	+	6	0,02	0,14	0,33
9	42	+	+	6	0,02	0,09	0,28
10	12	+	+	8	0,01	0,04	0,06
Mittelwert $\bar{x}$					0,02	0,09	0,21
Standardfehler des Mittelwertes $s_{\bar{x}}$					0,004	0,016	0,040

Abb. 5:

Darstellung der Mittelwerte und der Standardfehler der Mittelwerte der Flüssigkeitsänderung in der Kapillare bei Applikation von konz. Zuckerlösung in Abhängigkeit von der Einwirkzeit.

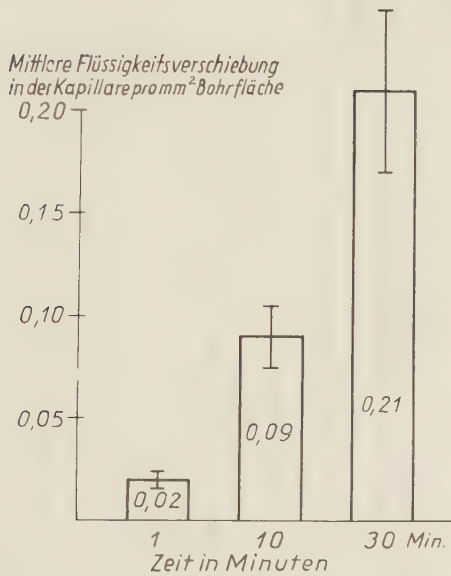


Tabelle 4:

Angaben über die im Versuch mit 96 %iger Essigsäure verwandten Zähne, die Rosenbohrergroße, den Versorgungszustand des Zahnes und die Flüssigkeitsverschiebung in der Kapillare gegenüber der Ausgangslage in mm, 1, 10 und 30 Minuten nach Versuchsbeginn.

Änderung der Flüssigkeitssäule in der Kapillare in Richtung Palpa nach 1, 10 und 30 Min. Einwirkzeit in mm pro mm² Bohrfläche.

Versuch Nr.	Zahn Nr.	Karies nein ja	Versorgungszustand unversorgt versorgt	Rosenb. Nr.	1 min.	10 min.	30 min.
1	23	+	+	8	0,08	0,36	0,72
2	13	+	+	8	0,03	0,12	0,12
3	11	+	+	8	0,09	0,27	0,48
4	31	+	+	7	0,06	0,28	0,64
5	21	+	+	8	0,12	0,48	0,86
6	31	+	+	6	0,05	0,18	0,42
7	21	+	+	8	0,05	0,30	0,60
8	22	+	+	7	0,11	0,36	0,71
9	21	+	+	8	0,09	0,23	0,57
10	11	+	+	8	0,12	0,42	0,78
Mittelwert $\bar{x}$					0,08	0,30	0,59
Standardfehler des Mittelwertes $s_{\bar{x}}$					0,010	0,034	0,068

Abb. 6:

Darstellung der Mittelwerte und der Standardfehler der Mittelwerte der Flüssigkeitsänderung in der Kapillare bei Applikation von 96 %iger Essigsäure, in Abhängigkeit von der Einwirkzeit.

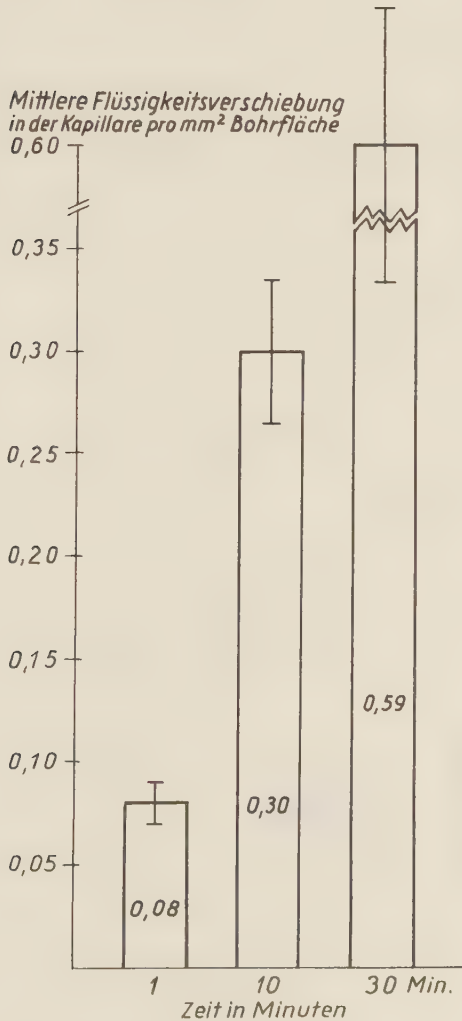


Tabelle 5:

Statistische Maßzahlen, Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardfehler der Mittelwerte ($s_{\bar{x}}$) der Änderungen des Flüssigkeitsstandes in der Kapillare in mm pro mm² Bohrfläche gegenüber der Ausgangslage für die vier Behandlungen zu den drei Zeitpunkten.

Einwirkungszeit in Minuten

Behandlungsart	1 min.		10 min.		30 min.	
	Mittelwert $\bar{x}$	Standardf. $s_{\bar{x}}$	Mittelwert $\bar{x}$	Standardf. $s_{\bar{x}}$	Mittelwert $\bar{x}$	Standardf. $s_{\bar{x}}$
I Honig	0,040	0,006	0,170	0,023	0,410	0,046
II ChKM-Lsg.	0,030	0,010	0,160	0,042	0,340	0,072
III konz. Zuckerlsg.	0,020	0,004	0,090	0,016	0,210	0,040
IV 96 %ige Essigsäure	0,060	0,010	0,300	0,034	0,590	0,068

Abb. 7:

Darstellung der statistischen Maßzahlen, Mittelwerte und Standardfehler der Mittelwerte für die vier Behandlungen zu den drei Zeitpunkten.

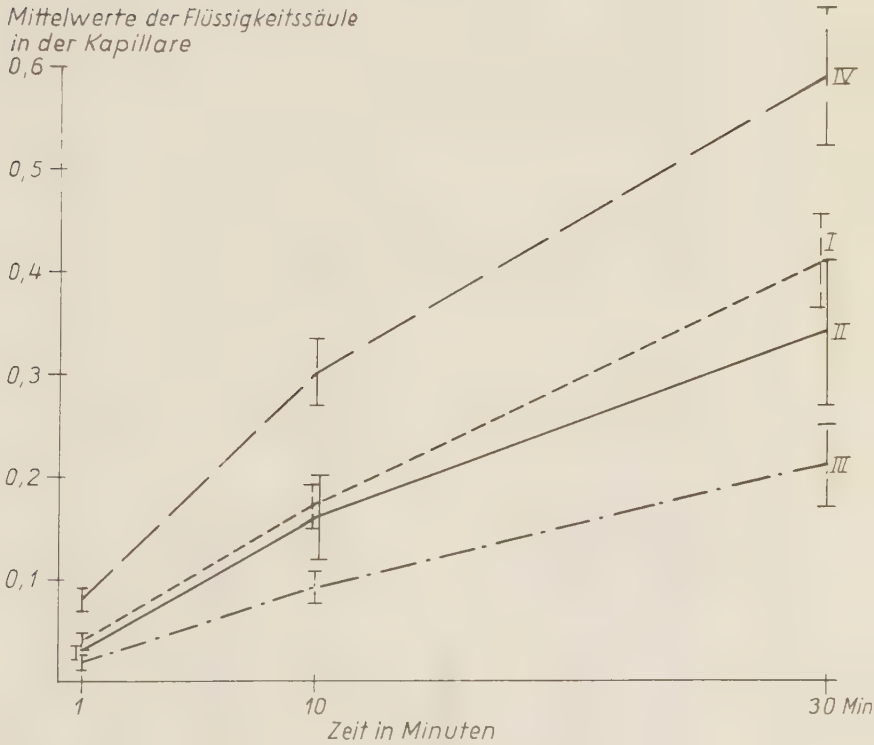


Tabelle 6:

3-fache Varianzanalyse, partiell hierarchisches Modell

Einflußgrößen	Charakter der Einflußgrößen	Freiheits- grade	Summe der Abw.-qu.	Mittleres Abw.-qu	MAQ für den Nenner des F-Wertes	Berechneter F-Wert
1 Behandlungen	fixed	3	0,749	0,250	2 (1)	5,428 ++
2 (1) Zähne	random	36	1,035	0,029	Rest	3,877 +++
3 Zeiten	fixed	2	2,412	1,206	Rest	162,643 +++
Wechselwirkungen						
13		6	0,276	0,046		
Rest		72	0,534	0,007	Rest	6,21 +++
Insgesamt		119	5,006			

++ statistisch auffällig

+++ statistisch signifikant

Tabelle 7:

Tabelle des Tukey-Testes im Anschluß an die Varianzanalyse. Absolutbeträge der Mittelwertdifferenzen zwischen den vier Behandlungen.

$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	$\bar{x}_3$	$\bar{x}_4$
0,21	0,18	0,11	0,33
$\bar{x}_1$	0,03	0,10	0,12
$\bar{x}_2$	.	0,07	0,15
$\bar{x}_3$	.	.	0,22 ^s

^s = statistisch signifikant

Grenzwerte für den Tukey-Test: $q = 5\% : 0,15$

$1\% : 0,17$

3. Interpretation

Die Varianzanalyse zeigt, daß zwischen den Behandlungen ein auffälliger Unterschied besteht. Der Tukey-Test gibt an (siehe Tabelle 7), daß sich die Behandlung 4 signifikant von Behandlung 3 und auffällig von Behandlung 2 unterscheidet. Zwischen den Behandlungen 1, 2 und 3 lassen sich anhand des Beobachtungsumfanges die gefundenen Unterschiede statistisch nicht sichern. Die signifikante Wechselwirkung zwischen den Lösungen und den Zeitpunkten deutet darauf hin, daß die einzelnen Lösungen zu den Zeitpunkten unterschiedlich wirken. Dies dürfte der Ausdruck der unterschiedlichen Diffusionskoeffizienten sein, der von der molaren Konzentration abhängig ist. Gleichzeitig zeigt die Varianzanalyse, daß statistisch signifikante Unterschiede in Bezug auf die Flüssigkeitsverschiebungen zwischen den Zähnen bestehen. Dies kann in der unterschiedlichen Dicke der Dentinschicht liegen oder an der unterschiedlichen Menge der eingetropften Lösungen.

VI. Kritische Betrachtung und Folgerung

Im Anschluß an die statistische Auswertung der vier durchgeführten Versuchsreihen bietet sich eine Gegenüberstellung mit den von Brännström zu diesem Thema an extrahierten Zähnen durchgeführten Untersuchungen an.

Die Versuchsanordnung der Brännströmschen Glaskapillarenversuche wurde in allen vier Versuchsreihen nahezu völlig beibehalten, um einen möglichst genauen Vergleich zu gewährleisten. Lediglich die verwandten Glaskapillaren besaßen statt eines Durchmessers von 0,25 mm einen solchen von 0,7 mm. Ansonsten gingen beide Versuchsreihen in gleicher Weise vonstatten: Vorwiegend kariesfreie, einwurzelige Zähne wurden nach Extraktion reseziert, die Pulpenhöhle mit einer mit Salzlösung gefüllten Glaskapillare verbunden. Eine der Größe nach genau definierte Kavität wurde labial bzw. bukkal in Schmelz und Dentin gelegt. Danach wirkte eine bestimmte Menge einer chemischen Sub-

stanz in dieser Kavität eine bestimmte Zeit lang ein. Bei den chemischen Substanzen handelte es sich um Honig, Phenolkampfer, konzentrierte Zuckerlösung und 96 %ige Essigsäure. Pro Agens gelangten zehn Zähne zum Versuch. Die Wirkung des Agens nach einer Minute, zehn und dreißig Minuten wurde registriert.

Brännström untersuchte auf diese Weise die Wirkung von dehydrierenden Lösungen auf Dentin und Dentinliquor. So brachte er z.B. Alkohol, Zuckersirup, Silikatflüssigkeit, Kalzium- und Salzlösungen auf das freigelegte Dentin. Die Lösungen wirkten jeweils 2 bis 50 Minuten lang in der Kavität und es ergab sich dabei, daß ausnahmslos alle dehydrierenden Lösungen während der Einwirkungszeit zu einem pulpenwärts gerichteten Strom in der Glaskapillare Anlaß gaben. Auch Füllungsmaterialien wie Silikat, Phosphatzement und Zinkoxydneckenöl, ja sogar das Auflegen von kleinen Fließpapierstreifchen auf freigelegtes Dentin ergab den gleichen Effekt. Ähnliche, von Brännström in vivo durchgeführte Versuche, wiesen obendrein auf einen unzweifelhaften Zusammenhang zwischen Schmerzempfindung und der Applikation dehydrierender Lösungen auf eine Dentinwunde. Diese Ergebnisse veranlaßten Brännström zur Aufstellung seiner Theorie über einen hydrodynamischen Transmissionsmechanismus innerhalb des Dentins. Die Theorie besagt, daß die Sensibilität des Dentins die Folge dieses Mechanismus ist, der durch Veränderungen an den Dentinkanälchen oder via Dentinkanälcheninhalt ausgelöst werden kann. Die Veränderung besteht darin, daß Kapillarkräfte innerhalb des Dentins mobilisiert werden und ein rascher Flüssigkeitsauswärtsstrom in den Dentinkanälchen erfolgt, sobald kleine Anteile des Kanälcheninhaltes beseitigt werden, was sich ja z.B. durch Applikation dehydrierender Substanzen auslösen läßt.

Die vier durchgeführten Versuchsreihen brachten Ergebnisse, die sich widerspruchslös in den Rahmen dieser Theorie einfügen lassen. Sowohl bei Applikation der dehydrierenden Substanz Honig als auch bei Phenolkampferlösung, konzen-

trierter Zuckerlösung und 96 %iger Essigsäure ergab sich ein pulpenwärts gerichteter Strom in der Glaskapillare, der mit der Länge der Einwirkzeit zunahm. Lediglich durch das Ausmaß dieses via Pulpa gerichteten Flüssigkeitsstromes sind die vier Substanzen eindeutig zu unterscheiden.

Die ausgeprägteste Reaktion erfolgte nach Applikation von 96 %iger Essigsäure. Bereits nach einer Minute betrug die mittlere Flüssigkeitsverschiebung in der Kapillare pro mm^2 Bohrfläche 0,08 mm. Nach zehn Minuten war dieser Wert bereits auf 0,30 mm und nach dreißig Minuten auf 0,59 mm gestiegen.

Als zweitwirksamste Substanz stellte sich der Honig heraus mit einer mittleren Flüssigkeitsverschiebung in der Kapillare von 0,04 mm nach einer Minute, von 0,17 mm nach zehn Minuten, von 0,41 mm nach dreißig Minuten pro mm^2 Bohrfläche.

Etwas weniger wirksam als Honig zeigte sich Phenolkampferlösung, deren mittlere Flüssigkeitsverschiebung in der Kapillare nach einer Minute 0,03 mm, nach zehn Minuten 0,16 mm und nach dreißig Minuten 0,34 mm pro mm^2 Bohrfläche betrug. Also eine Substanz, die in Hinsicht auf die vier Versuchsreihen etwa halb so stark wirksam war als 96 %ige Essigsäure.

Am wenigsten dehydrierend wirkte die konzentrierte Zuckerlösung mit einer mittleren Flüssigkeitsverschiebung in der Kapillare von 0,02 mm nach einer Minute, von 0,09 mm nach zehn Minuten, von 0,21 mm nach dreißig Minuten Einwirkzeit pro mm^2 Bohrfläche.

Welche Folgerungen ergeben sich hieraus für die Praxis? Auf den ersten Blick fällt besonders das Ergebnis der Versuche bei Applikation von Phenolkampferlösung ins Auge. Ganz eindeutig wird durch diese Substanz eine Dehydrierung ausgelöst und somit eine Schmerzempfindung. Andererseits wird aber gerade ein mit Phenolkampferlösung befeuchtetes Wattepellet dazu verwendet, eine behandlungsbedürftige, schmerzende Pulpa für einige Zeit bis zum Permin der Vitalextirpation schmerzfrei zu konservieren. Nach den oben er-

läuterten Ergebnissen müßte der Patient nun aber besonders den Schmerzen ausgesetzt sein, stattdessen gibt er auf diese Einlage hin Schmerzlosigkeit an. Diese Diskrepanz ist nur so zu erklären, daß der primär durch Dentinliquorfluß entstehende Schmerz von einem zweiten Effekt überlagert wird. Und zwar diffundiert das Phenolkampfer sehr schnell in die entzündete Pulpa und hebt dort die Schmerzempfindung auf.

Organische Säuren und zuckrige Substanzen wirken ebenfalls dehydrierend, bzw. schmerzauslösend, wenn sie auf Dentinwunden gebracht werden, ein Umstand, der viele Patienten erst auf das Vorhandensein einer behandlungsbedürftigen Karies aufmerksam macht oder auf den insuffizienten Randschluß einer Krone oder Füllung. Auch hypersensible Zahnhälse und Sprünge in der Zahnhartsubstanz können sich beim Essen von Süßigkeiten oder Obst auf dem Weg des hydrodynamischen Transmissionsmechanismus unangenehm bemerkbar machen. Wenn die aufgezählten Defekte nicht behoben werden, so kann man sich leicht vorstellen, daß die Zahnpulpa, abgesehen von der Karies auch durch dieses andauernde Schwanken des Dentinliquordruckes geschädigt wird. Der Nachweis für diese Theorie müßte jedoch erst durch eine eingehende histologische Untersuchung erbracht werden.

Es scheint demnach um so wichtiger, daß alle provisorischen Verschlüsse von Kavitäten und präparierten Zahnstümpfen so gestaltet werden, daß alle Dentinteile vollständig abgedeckt sind.

VII. Zusammenfassung

Diese Untersuchung stellt eine Ergänzung der Brännströmschen Glaskapillarenversuche dar. Die vier vorliegenden Untersuchungsreihen umfassen in vitro - Experimente an vierzig vorwiegend kariesfreien und einwurzeligen Zähnen. Nach Extraktion derselben wurde deren Wurzelspitze reseziert und die eröffnete Pulpenhöhle mit einer Glaskapillare verbunden, in der sich isotonische Salzlösung befand.

Es wurden bukkale bzw. labiale Kavitäten mit standardisierter Technik präpariert. In die Kavitäten wurde bei je zehn Zähnen entweder Honig oder Phenolkampferlösung oder konzentrierte Zuckerlösung oder 96 %ige Essigsäure getropft und die Wirkung auf die Flüssigkeit in der Glaskapillare nach einer Minute, zehn und dreißig Minuten notiert. Alle vier Versuchsreihen ergaben einheitlich einen pulpenwärts gerichteten Flüssigkeitsstrom in der Glaskapillare, also eine Dehydrierung. Die Ergebnisse der Versuche wurden statistisch ausgewertet und in Tabellen und Abbildungen zeichnerisch dargestellt. Zwischen den vier Behandlungen ergab sich ein auffälliger Unterschied. Die Behandlung mit 96 %iger Essigsäure unterscheidet sich signifikant von der Behandlung mit konzentrierter Zuckerlösung und von der Behandlung mit Phenolkampferlösung unterscheidet sie sich auffällig. Zwischen den Behandlungen mit Honig, Phenolkampferlösung und konzentrierter Zuckerlösung lassen sich die gefundenen Unterschiede statistisch nicht sichern. Die einzelnen Lösungen zeigen eine unterschiedlich starke Wirkung zu den drei Zeitpunkten und in Bezug auf die Flüssigkeitsverschiebung besteht ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Zähnen.

VIII. Literaturverzeichnis

1. Brännström, M:
The Elicitation of Pain in Human Dentine and Pulp by
Chemical Stimuli.
Arch. oral Biol. 7 (1962) 59
2. Brännström, M; W. Johnson, L.-Å. Lindén:
Flüssigkeitsverschiebung und Schmerzantwort im Dentin
durch hydrostatischen Druck.
Odont. Revy 20 (1969) 15
3. Brännström, M.:
Eine Theorie über die Sensibilität des Dentins
o.O.u.J.
4. Bock, O.:
Über die Innervation des Dentins.
Dtsch. zahnärztl. Z. 15 (1966) 838, 889
auch erschienen als Habil. Schr. Erlangen 1959
5. Guenther, W.C.:
Analysis of Variance.
2. Aufl. Englewood Cliffs 1964
6. Heikinheimo, O.:
Eine Filmanalyse der Morphologie und Bewegung der Den-
tinflüssigkeit.
Dtsch. zahnärztl. Z. 19 (1964) 577
7. Hoppe, W.F.; J. Stueben:
Über die Messung des Volumens der Dentinkanälchen und
über das Verhältnis des Kanalvolumens zum Gesamtdentin-
volumen.
Stoma 18 (1965) 38
8. Hofer, O.; E. Reichenbach, Th. Spreter von Kreudenstein,
E. Wannenmacher:
Lehrbuch der klinischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkun-
de.
Bd. 2, 4. Aufl. Leipzig 1968

9. Koller, S.:
Neue graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer
Zahlen.
4. Aufl. Darmstadt 1969
10. Ohlenbusch, H.D.; J. Stueben, Th. Spreter von Kreuden-
stein:
Experimentelle Untersuchungen über den Gehalt an alka-
lischen Phosphatasen im Dentinliquor menschlicher und
tierischer Zähne.
Dtsch. zahnärztl. Z. 14 (1959) 1250
11. Spreter von Kreudenstein, Th.:
Dentinstoffwechselstudien. Mitteilung über den Dentinli-
quor.
Dtsch. zahnärztl. Z. 10 (1955) 473
12. Spreter von Kreudenstein, Th.:
Über den Nachweis der Aktivität verschiedener Fermente
im Dentinliquor.
Dtsch. zahnärztl. Z. 15 (1960) 371
13. Stueben, J.; Th. Spreter von Kreudenstein:
Dentinstoffwechselstudien. Papierchromatographische
Untersuchungen über den Gehalt an freien Aminosäuren
im Dentinliquor menschlicher Zähne.
Dtsch. zahnärztl. Z. 11 (1956) 1448
14. Stueben, J.; Th. Spreter von Kreudenstein:
Dentinstoffwechselstudien. Papierelektrophoretische
Untersuchungen über die Zusammensetzung der Dentin-
liquorproteine.
Dtsch. zahnärztl. Z. 12 (1957) 500
15. Stueben, J.; Th. Spreter von Kreudenstein:
Dentinstoffwechselstudien. Untersuchungen über den
Eiweißgehalt des Dentinliquors menschlicher und tieri-
scher Zähne auf Grund der Bestimmung des Gesamtstick-
stoff- und Reststickstoffgehaltes in Dentineluaten.
Dtsch. zahnärztl. Z. 14 (1959) 1702
16. Symons, N.B.B.:
Dentine and Pulp: Their Structure and Reactions.
Edinburgh u. London 1968

Herrn Professor Dr. Dr. W. Ketterl möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas, sowie seine freundliche Beratung und Unterstützung bei der Fertigstellung der Arbeit sehr herzlich danken.

Herrn Professor Dr. Berger vom Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Johannes - Gutenberg - Universität Mainz danke ich für die Beratung und Hilfe bei der statistischen Auswertung.

L e b e n s l a u f

Am 9. Juni 1948 wurde ich, Eva-Maria Brigitte Müller, als Tochter des Architekten Gerhard Müller und seiner Ehefrau Eva-Maria Müller, geb. Engelhardt, in Leipzig geboren.

Im Jahre 1950 übersiedelten meine Eltern nach Westdeutschland, wo ich im Frühjahr 1953 in Rüsselsheim/Kreis Groß-Gerau eingeschult wurde. Nach einem erneuten Wohnungswechsel besuchte ich eine der Mainzer Volksschulen (Schillerschule) bis 1957. Dann wechselte ich nach bestandener Aufnahmeprüfung über in das Frauenlob-Gymnasium Mainz, wo ich im Herbst 1966 das Abitur ablegte.

Im Wintersemester 1966 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz. Am 9.10.1967 hatte ich die naturwissenschaftliche und am 7.10.1969 die zahnärztliche Vorprüfung bestanden. Das daran anschließende klinische Studium absolvierte ich ebenfalls in Mainz, an der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten, wo ich im Frühjahr 1972 die zahnärztliche Prüfung ablege.

